

Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi
Seri: A, Sayı: 2, Yıl: 2009, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 51-65

ANADOLU KARAÇAMI (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) FİDANLARINDA SULAMA PROGRAMININ HAZIRLANMASINDA BİTKİ SU POTANSİYELİ DEĞERLERİNİN KULLANIMI

Ayşe DELİGÖZ

SDÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 32260, ISPARTA
ayseis@orman.sdu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma, Eğirdir Orman Fidanlığında yetiştirilecek çıplak köklü Anadolu karaçamı fidanlarına ait bir sulama programını hazırlamak amacıyla yapılmıştır. Sulama programı fidanların bitki su potansiyeli (BSP) değerleri esas alınarak hazırlanmıştır. Bu amaçla, Anadolu karaçamı fidanlarında ikinci gelişme döneminin nisan ortasından kasım ortasına kadarki bölümünde bitki basınç odası cihazı ile periyodik olarak şafak öncesi, gün ortası ve günlük BSP ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre, Eğirdir Orman Fidanlığında nisan ayı ortalarından itibaren sulamaya başlanması ve şafak öncesi BSP - 0.5 MPa olduğu sürece sulamanın sürdürülmesi isabetli olacaktır. Uyku hali başlangıcı (haziran başı- eylül başı) aşamasında kök gelişimini teşvik etmek için sadece, şafak öncesi BSP -0.8 MPa'a düştüğü zaman sulama yapılmalı ve ekim yastığının yaklaşık 20 cm derinlikteki kısmı tarla kapasitesine ulaşıncaya kadar sulamaya devam edilmelidir. Sulama, eylül başı ile kasım ortası döneminde ise, şafak öncesi BSP -1.3 MPa'ın altına düştüğü zaman yapılmalıdır. Gün içinde BSP değerinin -1.3 MPa'ın altına düşmesine kesinlikle izin verilmemelidir.

Anahtar kelimeler: Anadolu karaçamı, şafak öncesi su potansiyeli, sulama programı

USE OF PLANT WATER POTENTIAL FOR SCHEDULING IRRIGATION OF ANATOLIAN BLACK PINE (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) SEEDLINGS

ABSTRACT

The aim of this study was to set up an irrigation scheduling for bare-root Anatolian black pine seedlings growing in the Eğirdir Forest Nursery using plant water potential as an indicator of plant water stress. For this purpose, predawn, midday and daily plant water potentials were measured periodically with plant pressure chamber from mid April till mid November in second growing season of Anatolian black pine seedlings. According to the results, irrigations in the nursery should start in mid April and continue until early June and should be applied when predawn water potential drops below -0.5 MPa. After this period in the phase of bud dormancy initiation (early June till early September), to stimulate root growth and extension only when predawn water potential drops -0.8 MPa, seedlings should be adjusted to bring the top 20 cm of the soil to field capacity. In the last period (early September-mid November) watering should commence when predawn water potential drops below -1.3 MPa. Plant water potential should not be allowed to fall below -1.3 MPa during the day.

Keyword: Anatolian black pine, predawn water potential, irrigation scheduling

1. GİRİŞ

Bugün ülkemizde en çok ağaçlandırma çalışmalarına konu olan türlerden birisi Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'dır (Alptekin, 1986). Türkiye'de 2.392.079 ha iyi koru, 1.810.218 ha bozuk koru olmak üzere toplam 4.202.298 ha yayılış alanına sahiptir (Anonim, 2006). Yapılan ağaçlandırma yatırımlarında önemli bir paya sahip olması nedeniyle, Anadolu karaçamının her yıl milyonlarca fidanı üretilip, orijinlere göre belirli yörelere dikilmektedir (Kızmaz, 1993). Ağaçlandırma çalışmalarında başarılı olabilmek için, fidanın morfolojik ve fizyolojik özelliklerini, dolayısıyla fidanların dikim sonrası performanslarını doğrudan etkileyen fidanlık uygulamalarının nasıl olması gerektiğini iyi bilmek gerekmektedir (Grossnickle ve Blake, 1985).

Bugüne kadar Anadolu karaçamının fidanlık tekniğine ilişkin olarak ekim sıklığı, ekim zamanı, gübreleme, kök budama zamanı ve derinliği gibi konularda birçok çalışma yapılmıştır (Özdemir, 1971; Çolak, 1991; Güner vd., 2008). Fakat bakım tedbirleri arasında yer alan sulama çalışmalarına yönelik bir sulama programı henüz hazırlanmamıştır. Hâlbuki sulama çalışmaları mutlaka, tür için hazırlanmış bir sulama programı dâhilinde tatbik edilmelidir. Suyun gereğinden az verilmesi, bitkinin gelişme faaliyetlerinde yavaşlamaya sebep olup hayati fonksiyonlarını yapmasına kısıtlayıcı bir şekilde etki eder. Buna karşın ihtiyaçtan fazla verilmesi de zararlıdır. Fazla su toprağın havalanmasını önler ve çeşitli kök hastalıklarının oluşmasına uygun bir ortam hazırlar. Ayrıca bitkilerin olgunlaşmasını geciktirir. Fazla sulamanın, bitkilerin don ve kuraklık zararlarına karşı dayanıklılığını da azalttığını unutmamak gerekir (Gezer ve Yücedağ, 2006). Bu nedenle özellikle gelişme döneminde fidanın su ihtiyacının belirlenmesi ve buna göre sulama çalışmalarının planlanması fizyolojik özelliklerce de kaliteli fidan üretimi için büyük önem taşımaktadır.

Fidanların su ihtiyacı, fidanların su durumunun ortaya koyulmasıyla tespit edilebilir. Fidanların su durumu, genellikle bitki su gerilimi (BSG) veya bitki su potansiyeli (BSP) olarak belirlenir (Landis, 1989). BSP'nin periyodik değişimini belirleme bağlamında şafak öncesi, gün ortası ve günlük ölçümler yapılarak fidanların su ihtiyaçlarının olduğu gün içi zaman dilimleri belirlenmekte ve elde edilen sonuçlar sulama programı hazırlanmasında kullanılmaktadır (Cleary ve Zaerr, 1984; Ortuño vd., 2006). Ancak hazırlanan sulama programının iklim, kültürel işlemler, tür ve genotipdeki farklılıklar nedeniyle bütün fidanlıklarda kullanılması doğru değildir (McDonald, 1984). Bu çalışmada, Eğirdir Orman Fidanlığında kitlesel yetiştirilecek Anadolu karaçamı fidanı üretimleri için bir sulama programının hazırlanması hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Araştırma materyali olarak, Eğirdir orijinli, Eğirdir Orman Fidanlığında yetiştirilen ikinci gelişme dönemindeki Anadolu karaçamı fidanları kullanılmıştır. Çalışmanın gerçekleştirildiği Eğirdir Orman Fidanlığı 37°53' kuzey enlemi ile

30°52' doğu boylamında yer almaktadır. Denizden ortalama yüksekliği 926 m'dir. Fidanlık sahası Akdeniz geçiş iklim bölgesinde yer almakta ve yarı-karasal iklime sahiptir. Fidanlığın toprak reaksiyonu pH 6.79-7.83 değerleri arasında değişmekte olup, alkali özellik taşımaktadır. Toprak tekstürü kumlu balçık sınıfındadır.

2.2. Yöntem

İkinci gelişme dönemindeki Anadolu karaçamı fidanlarına ait sulama programını hazırlamak amacıyla 14 Nisan 2004 tarihinden 11 Kasım 2004 tarihine kadar periyodik şafak öncesi, gün ortası ve günlük BSP ölçümleri yapılmıştır.

BSP'nin belirlenmesinde basınç odası tekniği; bu bağlamda, Scholander vd. (1965) tarafından geliştirilmiş olan basınç odası cihazı kullanılmıştır. BSP ölçümlerinde, fidanı temsilen genellikle son yıla ait yan sürgünler kullanılmakla (Yahyaoğlu, 1987; Joly ve Zaerr, 1987) birlikte bu çalışmada, Cleary ve Zaerr (1984)'in belirttiği ve Genç (1992)'in doktora çalışmasında kullandığı gibi, kök boğazından kesilmiş bütün fidanda çalışılmıştır. Ölçümler, her örnekleme tarihinde ekim yastığından rasgele alınan 5 fidan üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılacak fidanlar öncelikle kök boğazı hizasından keskin bir bıçakla, pürüzsüz ve hafif bir eğimle kesilmiştir. Bu kesim yüzeyinden geriye doğru yaklaşık 3 cm'lik kısım iğne yapraklardan temizlenmiş ve ardından yine kesim yüzeyinden geriye doğru 1 cm'lik kısımdaki kabuk soyularak ksilem açığa çıkarılmıştır. Bitki hemen cihaza yerleştirilerek tüpün vanası açılmış, kesim yüzeyinde özsu belirinceye kadar cihazın odacığına basınç dolması sağlanmıştır. Kesim yüzeyi ışıklı el büyüteci ile gözlenirken su çıktığı anda cihazın subapı kapatılarak monometreden oda içindeki basınç okunmuştur (Cleary ve Zaerr, 1984). Okunan değer, ölçülmek istenen gövde ksilem su potansiyeline eşittir.

2.2.1.Örnekleme zamanı

14 Nisan tarihinden itibaren şafak ölçümleri haftalık, gün ortası ölçümleri 15 günde bir tekrarlanmıştır. Şafak ölçümleri güneş doğmadan önce, gün ortası ölçümleri ise genellikle güneş ışınlarının en yoğun olduğu bir zamanda (öğle saatlerinde 12.30–13.30) yapılmıştır. Ayrıca, gün içinde asgari BSP'nin olduğu vakti belirlemek için, gelişme dönemi boyunca farklı tarihlerde 6 kez günlük BSP ölçümü yapılmıştır. Günlük ölçümler güneş doğmadan önce saat 05.30'da başlanıp 2 saat aralıklarla saat 20.00'e (gün batımına) kadar tekrarlanmıştır. Aynı zamanda, ölçüm gününde ve öncesindeki 3 gün boyunca görülen yağmur yağı ve ölçüm yapılan fidanların tomurcuk faaliyeti de kaydedilmiştir. Ayrıca ekim yastığında belirlenen 1+0 yaşındaki 50 fidan üzerinde 7 Nisan tarihinden 19 Eylül tarihine kadar 15 günde bir boy ölçümü ve tomurcuk durumu gözlemleri yapılmıştır.

Tomurcuk faaliyeti tespiti için aşağıdaki tomurcuk gözlem skalası oluşturulmuştur:

0. Kış durgunluğu dönemi
1. İlkbahar gelişme dönemi için tomurcuk şişmesi
2. İlkbahar gelişme döneminde terminal ve subterminal tomurcukların patlaması
3. İlkbahar gelişme döneminde sürgün uzaması ve ilk yaprakların çıkması

4. İlbahar gelişme döneminde terminal tomurcuk (kışa dayanıklı tomurcuk) oluşumunun başlaması
5. İlbahar gelişme dönemi sonunda terminal tomurcuk oluşumunun tamamlanması ve fidanların durgunluk dönemine girmesi
6. İlbahar gelişme dönemi sonunda terminal tomurcuk uzaması

Yağış durumunun belirlenmesinde, Genç (1992)'in geliştirdiği şu skaladan yararlanılmıştır.

- 0- Ölçüm tarihinde ve geçen 3 gün içinde yağış yok
- 1- Ölçüm tarihinde hava yağışlı
- 2- Ölçüm öncesindeki birinci gün hava yağışlı
- 3- Ölçüm öncesindeki ikinci gün hava yağışlı
- 4- Ölçüm öncesindeki üçüncü gün hava yağışlı
- 5- Ölçüm öncesindeki birinci ve üçüncü gün hava yağışlı
- 6- Ölçüm öncesindeki ikinci ve üçüncü gün hava yağışlı
- R-Ölçüm tarihinde hava rüzgârlı

Her ölçüm öncesinde, ekim yastığı üzerindeki sıcaklık ve bağıl nem, termohidrograf ölçüm cihazı ile belirlenmiştir. Ayrıca toprak nem içeriğini belirlemek amacıyla, toprak örnekleri de alınmış olup, toprak nem içeriğini belirlemede gravimetrik yöntem kullanılmıştır (May, 1984; McDonald, 1984; Ritchie, 1984; Çepel, 1985).

2.2.2. Verilerin değerlendirilmesi

Ölçüm ve gözlemler sonunda elde edilen veriler, SPSS istatistik paket programında değerlendirilmiştir. Fidan boyu için her gözlem gününe ait ortalama toplam büyüme ve yığılmalı büyüme yüzdesi değerleri hesap edilmiştir. Ekstrem BSP, toprak nem içeriği yüzdesi değerlerinin aritmetik ortalaması ve ortalamanın standart hatası bulunmuştur. BSP ile toprak nem içeriği arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla regresyon analizi yapılmıştır. BSP' ne ait grafiklerin çiziminde Excel programından yararlanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Şafak Öncesi Bitki Su Potansiyeli Değişimi

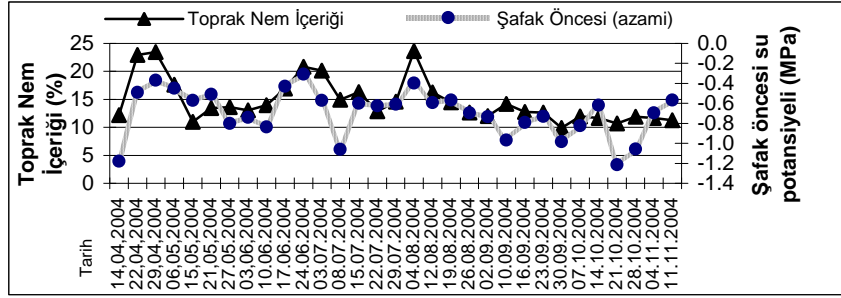
1+0 yaşındaki Anadolu karaçamı fidanlarında, 14 Nisan–11 Kasım tarihleri arasında belirlenen azami (şafak öncesi) BSP değerleri -0.31 MPa ile -1.21 MPa arasında değişmiştir (Çizelge 1). Toprak su içeriği oransal değerleri arttıkça, şafak öncesi BSP değerlerinin de arttığı görülmektedir (Şekil 1). İlk ölçüm tarihi olan 14 Nisan tarihinde şafak öncesi ölçülen BSP değeri - 1.18 MPa iken, toprak nem içeriği % 12.16 gibi düşük bir değerdedir. Takip eden ölçümlerde, şafak öncesi BSP değerleri yükselirken (- 4.9 MPa); toprak nem içeriği değerleri de yüksek seviyelerde (% 22.96) çıkmıştır. Nitekim regresyon analizi sonucunda toprak nem içeriği ile şafak öncesi su potansiyeli arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Toprak nem içeriği yüzde değerleri ile şafak öncesi BSP arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon denklemi ve R^2 değeri Şekil 2'de verilmiştir.

ANADOLU KARAÇAMI (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) FİDANLARINDA
SULAMA PROGRAMININ HAZIRLANMASINDA BİTKİ SU POTANSİYELİ

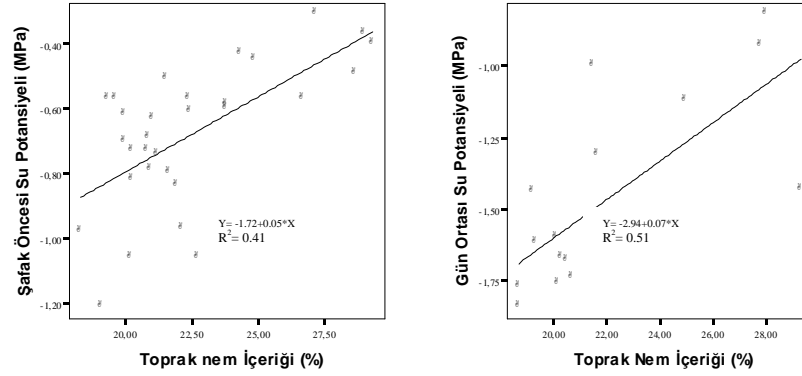
14 Nisan tarihinde, BSP değerinin düşük çıkmasının (-1.18 MPa) muhtemel bir nedeni de fidanların kış uykusundan daha yeni çıkmış olmaları ve aktif büyümenin henüz olmaması şeklinde yorumlanabilir. 14 Nisan tarihinden sonra yaklaşık 6-7 gün hava yağışlı geçmiştir. Buna bağlı olarak şafak öncesi BSP değerleri de yükselmiştir. 17 Haziran tarihinden 3 Temmuz tarihine kadar şafak öncesi BSP değerlerinde (sırayla -0.43, -0.31 ve -0.57 MPa) belirgin bir yükseliş gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak da, 17 Haziran tarihinden itibaren yastıkta kök kesimi için günlük sulamanın yapılmış olması söylenebilir. Aynı şekilde, BSP değerleri, ölçüm günündeki ve/veya geçen 3 gün içindeki yağış durumuna ve ölçüm zamanındaki bağıl nem ve sıcaklık değerlerine bağlı olarak değişmiştir. Nitekim BSP değerlerinin düşük olduğu dönemlerin rüzgârlı ve kurak; yüksek olduğu dönemlerin ise yağmurlu olduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Şafak öncesi BSP ve ölçümü yapılan diğer parametre ortalamalarının tarihsel değişimi

Tarih	Bitki Su Potansiyeli (-MPa) (Şafak Öncesi)	Toprak Nem İçeriği (%)	Hava Koşulları	Bağıl nem %	Sıcaklık °C	Tomurcuk Durumu
14.04.2004	1.18±1.420	12.16	0	46.0	14.0	3
22.04.2004	0.49±0.458	22.96	1	91.0	9.0	3
29.04.2004	0.37±0.255	23.45	2	88.0	9.0	3
06.05.2004	0.45±0.354	17.64	1	82.0	16.0	3-4
14.05.2004	0.57±0.604	10.98	0	85.0	12.0	4
21.05.2004	0.51±0.292	13.45	4	84.0	7.0	4
27.05.2004	0.80±0.758	13.61	R	70.0	13.0	4-5
03.06.2004	0.74±0.430	13.06	0	78.0	11.0	5
10.06.2004	0.84±0.430	13.95	R	70.0	13.5	5
17.06.2004	0.43±0.339	16.94	0	77.0	11.5	5
24.06.2004	0.31±0.337	20.81	2	81.0	12.2	5
03.07.2004	0.57±0.815	20.15	0	74.0	12.8	5
08.07.2004	1.06±0.510	14.91	0	66.5	16.5	5
15.07.2004	0.60±0.962	16.28	0	70.0	19.5	5
22.07.2004	0.63±0.572	12.89	R	63.0	17.5	5
29.07.2004	0.61±0.531	14.57	0	68.0	16.0	5
04.08.2004	0.40±0.408	23.96	0	74.0	15.8	5
12.08.2004	0.59±0.532	16.24	R	70.0	17.5	5-6
19.08.2004	0.57±0.366	14.50	R-3	75.0	17.0	5-6
26.08.2004	0.69±0.709	12.67	0	68.0	13.0	5-6
02.09.2004	0.73±0.282	11.99	0	77.0	14.0	5-6
10.09.2004	0.97±0.402	14.20	R	74.0	12.5	5-6
16.09.2004	0.79±0.833	12.77	0	74.0	4.8	5-6
23.09.2004	0.73±0.790	12.64	0	76.0	13.3	5-6
30.09.2004	0.98±0.471	9.88	0	75.0	8.5	5-6
07.10.2004	0.82±0.458	11.97	0	81.0	13.0	5-6
14.10.2004	0.62±0.397	11.64	3	74.0	7.7	5-6
21.10.2004	1.21±0.686	10.69	R	79.0	16.0	5-6
28.10.2004	1.06±0.917	11.91	0	74.0	10.2	5-6
04.11.2004	0.70±0.344	11.66	R	80.0	7.0	5-6
11.11.2004	0.57±0.419	11.25	0	75.0	9.8	5-6



Şekil 1. Şafak öncesi BSP değerleri ile toprak nem içeriğinde yıl içinde oluşan periyodik değişimler (Haftalık)



Şekil 2. Şafak öncesi ve gün ortası su potansiyeli ile toprak nem içeriği arasındaki ilişki

Ekim yastıklarındaki 1+0 yaşındaki fidanların gelişme dönemindeki boylanma eğilimlerini belirlemek amacıyla, 7 Nisan günü başlanan ve 15 günde bir tekrarlanan ölçümlere, 19 Eylül tarihine kadar devam edilmiştir. 7 Nisan tarihindeki gözlem ve ölçümlerimizde, fidanların gelişme dönemine girdiği görülmüştür. Bu dönemde belirlenen fidan boyu ortalama 3.8 cm'dir (Çizelge 2). 5 Mayıs tarihinden itibaren kış tomurcukları yeşil renkleri ile yavaş yavaş belirmeye başlamış; 3 Haziran tarihinde ise rengi kiremit kırmızısına dönmüştür. Kış tomurcuklarının oluşumuna bağlı olarak da 3 Haziran tarihinden sonra fidanlar "uyku hali başlangıcı" aşamasına girmekte ve bu dönem de eylül başına (02.09.2004) kadar devam etmektedir. Fidan boy büyümesinin durduğu eylül başından sonra fidanlar muhtemelen "uyku hali yoğunlaşması" aşamasına girmiştir.

Çizelge 2. Fidanlarda belirlenen dönemsel boy artımı değerleri (n=50)

Gözlem Tarihi	2004 yılı													
	07.04	22.04	05.05	20.05	03.06	10.06	17.06	03.07	15.07	22.07	05.08	19.08	02.09	16.09
TB cm	3.8	4.9	4.9	6.9	6.9	7.2	7.5	8.0	8.1	8.2	8.5	8.5	8.6	8.6
Yıgılmalı %*	43.7	57.1	57.1	79.8	80.5	84.1	87.2	92.7	93.5	95.7	98.5	98.8	99.8	100.0

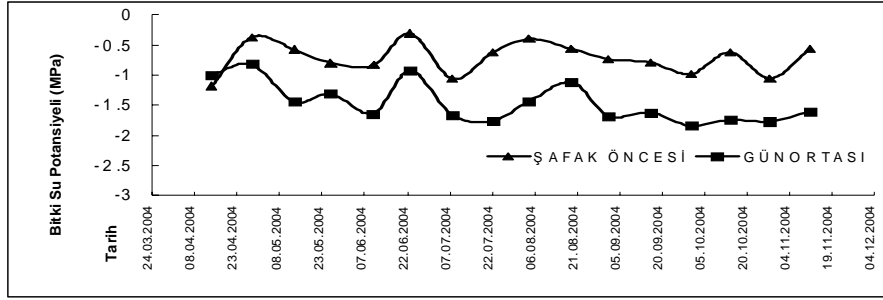
TB: Toplam Büyüme, Yıgılmalı %*: İki gözlem tarihi arasındaki büyümenin yıgılmalı yüzdesi

3.2. Gün Ortası Bitki Su Potansiyeli Değişimi

2004 gelişme dönemi içinde belirlenen periyodik ortalama asgari (gün ortası) BSP değerleri -0.82 MPa ile -1.84 MPa arasında değişmiştir (Çizelge 3). Şafak öncesi BSP değerlerinin yükselişine bağlı olarak gün ortası değerlerinin de yükseldiği görülmüştür (Şekil 3). Şafak öncesi BSP değerlerinde olduğu gibi, gün ortası BSP'ne ait değerler ile toprak nem içeriği değerleri arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur (Şekil 2). Gün ortası BSP, sıcaklık, bağıl nem ve hava koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Nitekim havanın yağışlı olduğu günlerde, gün ortası BSP değerleri yükselmiştir. Örneğin 14 Nisan tarihinde yapılan ölçümlerde şafak öncesi su potansiyeli ölçümleri alındıktan sonra havanın yağışlı olması gün ortası su potansiyelinin (-1.0 MPa) şafak öncesi su potansiyelinden (-1.18 MPa) yüksek çıkmasına neden olmuştur. Aynı şekilde, 28 Nisan ile 23 Haziran tarihlerindeki ölçümler sırasında havanın yağışlı olmasına bağlı olarak, bu tarihlerdeki hem toprak nem içeriği yüzdesi hem de gün ortası BSP değerleri (sırasıyla -0.82 MPa, -0.93 MPa) yüksek çıkmıştır (Çizelge 3). Sıcaklıktaki yükselme ve bağıl nemdeki düşme gün ortası BSP' inde düşüşlere neden olmaktadır. Özellikle, temmuzun ilk haftasından itibaren gün ortası BSP değerleri düşmeye başlamıştır. 13 Mayıs tarihinden itibaren kış tomurcuklarının belirginleşmesine bağlı olarak BSP değerlerinin de düştüğü görülmektedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Gün ortası BSP değerleri ile ölçümü yapılan diğer parametrelerin tarihsel değişimi (TD: Tomurcuk durumu)

Tarih	Bitki Su Potansiyeli (-MPa) (Gün ortası)	Toprak Nem İçeriği (%)	Hava Koşulları	Bağıl nem %	Sıcaklık °C	TD
14.04.2004	1.00±0.274	13.39	1	45.0	19.0	3
28.04.2004	0.82±0.123	22.04	2	58.0	15.0	3
13.05.2004	1.44±1.461	10.83	0	15.0	30.0	4
26.05.2004	1.31±1.418	13.59	0	25.0	31.0	4-5
10.06.2004	1.64±0.678	14.56	R	21.0	29.0	5
23.06.2004	0.93±0.515	21.71	1	25.0	35.0	5
08.07.2004	1.67±0.718	12.01	R	15.5	43.0	5
22.07.2004	1.76±0.993	11.87	R	21.0	35.8	5
04.08.2004	1.43±1.094	23.96	0	27.0	32.8	5
19.08.2004	1.12±1.714	17.78	3	32.0	29.5	5-6
01.09.2004	1.68±1.044	12.25	0	21.0	42.0	5-6
16.09.2004	1.62±0.867	10.96	0	23.0	36.0	5-6
30.09.2004	1.84±0.868	10.24	0	21.0	36.5	5-6
14.10.2004	1.74±0.631	12.46	3	32.0	26.5	5-6
28.10.2004	1.77±0.497	10.27	0	27.0	30.3	5-6
11.11.2004	1.60±1.216	11.80	0	45.0	24.0	5-6



Şekil 3. Bitki su potansiyeli değerlerinde yıl içinde oluşan periyodik değişimler

3.3. Günlük Bitki Su Potansiyeli Değişimi

Bitki su potansiyelinin gün içindeki değişimini ortaya koymak amacıyla, gelişme dönemi içinde 6 farklı tarihte yapılan gözlem ve ölçümlere ait bulgular şöyle sıralanabilir.

10 Haziran tarihindeki ölçümler hafif rüzgârlı bir havada yapılmıştır. BSP ölçümü yapılan fidanlar kış tomurcuklarını henüz oluşturmuştur. Saat 6.30'da yapılan ölçümlerde BSP, -0.84 MPa olarak tespit edilmiştir. Saat 8.00'de -1.28 MPa olan BSP, saat 12.00'de -1.64 MPa ile en düşük seviyeye ulaşmıştır. Nitekim saat 12.00'de sıcaklık en yüksek (29 °C), bağıl nem ise gün içi en düşük (% 21) seviyelerde tespit edilmiştir. Saat 14.00'den sonra BSP hızla yükselmeye başlayarak saat 20.00'de -0.79 MPa olarak ölçülmüştür (Çizelge 4 ve Şekil 4).

Çizelge 4. BSP ve ölçümü yapılan diğer parametrelerin 10 Haziran ve 8 Temmuz tarihindeki gün içi değişimi (TD: 5)

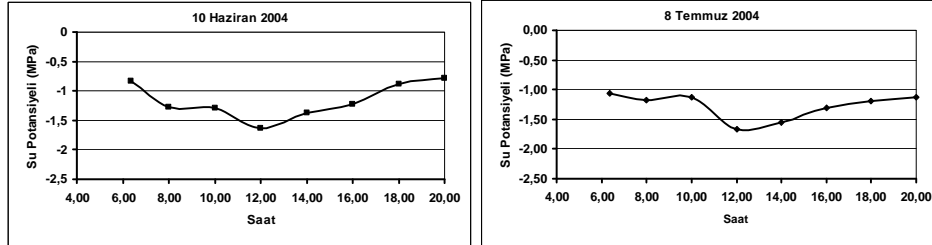
10 Haziran 2004							8 Temmuz 2004						
Ölçüm Zamanı	BSP (-MPa)		Toprak nem içeriği (%)		Bağlı Nem	Sıcaklık (°C)	Ölçüm Zamanı	BSP (-MPa)		Toprak nem içeriği (%)		Bağlı Nem	Sıcaklık (°C)
(Saat)	\bar{X}	S _x	\bar{X}	S _x	(%)		(Saat)	\bar{X}	S _x	\bar{X}	S _x	(%)	
6.30	0.84	0.430	13.9	0.304	70	13.5	5.30	1.06	0.510	14.9	3.367	66.5	16.5
8.00	1.28	1.281	23.0	0.377	33	24	8.00	1.17	0.875	13.1	0.812	23	34
10.00	1.29	1.198	24.3	0.461	32	25	10.00	1.12	1.032	10.7	0.628	16	39
12.00	1.64	0.678	17.6	0.564	21	29	12.00	1.67	0.718	12.0	0.977	15.5	43
14.00	1.37	0.583	11.0	0.263	26	27.5	14.00	1.56	0.731	9.9	0.793	18	40
16.00	1.22	1.056	14.2	0.495	21	28	16.00	1.30	1.049	11.6	1.196	21	39
18.00	0.89	0.914	13.6	0.433	20	28	18.00	1.19	0.993	10.7	0.848	21.5	36.5
20.00	0.79	0.332	13.1	0.201	64	18.5	20.00	1.13	0.682	13.6	0.709	43	26

S_x: Aritmetik Ortalamanın Standart hatası

8 Temmuz tarihindeki ölçümlerde, fidanlar kış tomurcuğunu oluşturmuştur. Ölçüm gününde ve geçen üç gün içinde yağış olmamıştır. Saat 5.30'dan saat 10.00'a kadar yapılan ölçümlerde, BSP'nin normal değerlere göre oldukça düşük olduğu görülmüştür (-1.06 ve -1.17 MPa). Günün en düşük BSP saat 12.00'de ve -1.67 MPa olarak tespit edilmiştir (Şekil 4). Saat 12.00'den sonra BSP yükselişe geçmiştir. Şafak öncesi, saat 5.30'te ölçülen bağıl nem % 66.5 iken, saat 12.00'e kadar azalmış, saat 12.00'den sonra tekrar yükselerek saat 20.00'de % 43 seviyelerine ulaşmıştır. Sıcaklık değerleri ise, bağıl nem değerlerinin tersine, saat

ANADOLU KARAÇAMI (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) FİDANLARINDA
SULAMA PROGRAMININ HAZIRLANMASINDA BİTKİ SU POTANSİYELİ

12.00'ye kadar artarak 43 °C derecelere ulaşmış, saat 12.00'den sonra ise azalmaya başlamış ve saat 20.00'de 26 °C'ye inmiştir (Çizelge 4).



Şekil 4. BSP' de oluşan günlük değişim (10 Haziran ve 8 Temmuz 2004)

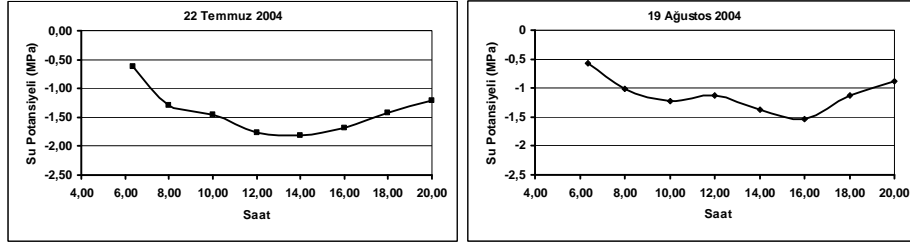
22 Temmuz tarihinde yapılan ölçümler rüzgârlı bir havada gerçekleştirilmiştir. BSP ölçümü yapılan fidanların çoğu uyku halindedir. Saat 5.30'da yapılan ölçümde BSP -0.63 MPa olarak belirlenmiştir. Saat 8.00 sıralarında, BSP değeri -1.19 MPa'a düşerek, saat 14.00'de -1.82 MPa'la en düşük değerine ulaşmıştır. Saat 20.00'de ise, -1.22 MPa'a kadar yükselmiştir. Toprak nem içeriğinde ise belirgin bir değişiklik olmamıştır (Çizelge 5 ve Şekil 5).

Çizelge 5. BSP ve ölçümü yapılan diğer parametrelerin 22 Temmuz ve 19 Ağustos 2004 tarihindeki gün içi değişimi (TD: 5)

22 Temmuz 2004							19 Ağustos 2004						
Ölçüm Zamanı (Saat)	BSP (-MPa)		Toprak nem içeriği (%)		Bağıl Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Ölçüm Zamanı (Saat)	BSP (-MPa)		Toprak nem içeriği (%)		Bağıl Nem (%)	Sıcaklık (°C)
	\bar{X}	S_x	\bar{X}	S_x				\bar{X}	S_x	\bar{X}	S_x		
5.30	0.63	0.572	10.4	0.780	63	17.5	6.00	0.57	0.366	14.5	0.537	75	17
8.00	1.19	0.731	11.0	1.359	32	28.5	8.00	1.01	0.998	15.5	0.837	47	26.1
10.00	1.46	1.005	11.3	0.968	23.5	31.5	10.00	1.23	0.842	16.0	0.845	44.5	26.3
12.00	1.76	0.993	11.2	0.583	21	35.8	12.00	1.12	1.714	17.8	0.944	32	29.5
14.00	1.82	0.816	11.6	0.559	20	35.5	14.00	1.37	0.780	15.2	0.761	23	34.2
16.00	1.69	0.430	11.3	0.565	19	39.5	16.00	1.54	1.425	17.0	0.345	26	33.8
18.00	1.42	0.860	11.9	0.173	21	32.5	18.00	1.13	0.802	15.8	1.412	24	32.8
20.00	1.22	1.003	11.5	1.152	51	23.9	19.30	0.89	0.912	15.8	0.988	58	22.8

S_x: Aritmetik Ortalamanın Standart hatası

19 Ağustos tarihinde BSP ölçümü yapılan fidanların çoğu boy büyümesini tamamlayıp uyku haline girmiştir. Hava durumu, ölçüm tarihinden iki gün önce yağışlıdır. Saat 6.00'da yapılan ölçümlerde BSP -0.57 MPa iken, saat 16.00'da -1.54 MPa'la en düşük seviyeye ulaşmıştır (Çizelge 5 ve Şekil 5).



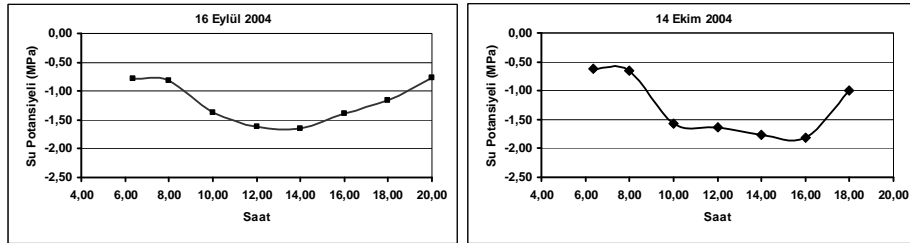
Şekil 5. BSP' de oluşan günlük değişim (22 Temmuz ve 19 Ağustos 2004)

16 Eylül tarihinde yapılan ilk ölçümde BSP, -0.79 MPa çıkmıştır. Saat 14.00'e kadar BSP değerleri düşmüş (-1.65 MPa), bu saatten sonra tekrar yükselerek saat 19.30'da -0.77 MPa olmuştur (Çizelge 6 ve Şekil 6). Ölçüm günü yağış olmamıştır. 14 Ekim tarihindeki ölçümlerde bazı fidanlarda kış tomurcuğunun uzamış olduğu görülmüştür. Ölçüm öncesindeki üçüncü gün hava yağışlı geçmiştir. Saat 08.00'den sonra yapılan ölçümlerde, BSP değeri hızla düşmüş ve saat 16.00'a kadar -1.56 MPa ile -1.82 MPa arasında değişmiştir (Çizelge 6 ve Şekil 6). Yine, toprak nem yüzdesinde belirgin bir değişiklik görülmemiş; bağıl nem, saat 14.00'de, % 18'e kadar düşmüştür.

Çizelge 6. BSP ve ölçümü yapılan diğer parametrelerin 16 Eylül ve 14 Ekim 2004 tarihindeki gün içi değişimi (TD: 5-6)

16 Eylül 2004							14 Ekim 2004						
Ölçüm Zamanı (Saat)	BSP (-MPa) \bar{X}	S_x	Toprak nem içeriği (%) \bar{X}	S_x	Bağıl Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Ölçüm Zamanı (Saat)	BSP (-MPa) \bar{X}	S_x	Toprak nem içeriği (%) \bar{X}	S_x	Bağıl Nem (%)	Sıcaklık (°C)
6.35	0.79	0.833	12.8	0.328	74	18	6.45	0.62	0.397	11.6	1.648	74	7.7
8.00	0.82	0.765	12.2	0.525	39	23	8.00	0.66	0.336	12.2	0.342	55	17
10.00	1.38	0.880	12.2	0.744	27	29.8	10.00	1.56	1.894	12.5	0.352	37.5	25
12.00	1.62	0.867	11.0	0.485	23	36	12.00	1.63	1.263	12.5	0.316	32	26.5
14.00	1.65	0.459	11.0	0.400	21	44	14.00	1.76	0.623	11.6	0.387	18	37
16.00	1.39	0.675	10.6	0.143	19	43	16.00	1.82	0.572	12.0	0.306	32	27
18.00	1.17	0.786	11.1	0.480	68	17.5	18.00	1.00	0.642	11.9	0.252	63	18.2
19.30	0.77	0.457	15.8	0.988	89	10.5							

S_x : Aritmetik Ortalamanın Standart hatası



Şekil 6. BSP' de oluşan günlük değişim (16 Eylül ve 14 Ekim 2004)

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

4.1. Şafak Öncesi Bitki Su Potansiyeli Değişimi ve Sulama

Şafak öncesi yapılan ölçüm sonuçlarına göre, sabaha karşı BSP'nin en yüksek değerleri aldığı ve ölçüm sonuçlarının genellikle benzer olduğu görülmüştür. Cleary ve Zaerr (1984)'de şafak öncesi ölçümlerinde, bitki su potansiyelinin yavaş bir değişim gösterdiği için ölçüm sonuçlarının genellikle benzer olduğunu ve bu zamanda BSP'nin azami değerlerini aldığını belirtmektedir.

Bu çalışmada ölçüm sonuçları benzer olmakla birlikte, belli dönemlerde BSP'nin belirgin bir şekilde yükseldiği veya düştüğü tarihler de olmuştur. Örneğin 14 Nisan tarihinde BSP'nin düşük bir değer alması bu döneme kadar hava koşullarının kurak geçmesi dolayısıyla, toprak nem içeriği (% 12.16) ile bağlı nemin düşük (% 46) değerlerde olmasına bağlanabilir (Çizelge 2). Sürgün gelişiminin hızla devam ettiği bu dönemlerde sulama çalışmalarının da yeterince yapılmaması nedeniyle şafak öncesi BSP düşük değerler almıştır. Hâlbuki Lopushinsky (1990), şafak öncesi BSP'nin -0.5 MPa'nın altına düşmesi durumunda büyümenin devam etmesi için sulamanın yapılmasının zorunlu olduğunu belirtmiştir.

Buna göre, şafak öncesi BSP tespitlerimizi dikkate aldığımızda, nisan ayı ortalarından itibaren 3 Haziran tarihine kadar Eğirdir Orman Fidanlığında sulama yapılması ve şafak öncesi BSP -0.5 MPa olduğu sürece sulamaya devam edilmesi isabetli olacaktır. Nitekim yaptığımız ölçüm ve gözlemler sonucunda 3 Haziran tarihinden itibaren kış tomurcukları kiremit kırmızı renkleri ile belirgin hale gelmiş ve fidanlar uyku hali başlangıç aşamasına girmiştir. 2 Eylül tarihinden itibaren boy gelişimin tamamen durduğu, "uyku hali yoğunlaşması" aşamasının başladığı belirlenmiştir.

Kış tomurcuklarının belirginleşmesine bağlı olarak sürgün uzamasının giderek azaldığı dönemlerde fidanların uyku haline geçmesini kolaylaştırmak için sulama süresi kısaltılarak, sadece, kök sisteminin yayıldığı 18-20 cm'lik kısmın BSP'ni düşürmeyecek düzeyde sulama yapılmalıdır. Bu tip bir sulama, hem fidanların kışa hazırlanmasını kolaylaştıracak hem de kazık kök gelişimi büyük ölçüde engelleneceğinden kılcal kök oluşumu teşvik edilmiş olacaktır. Nitekim Joly (1985), Zaerr ve arkadaşlarına atfen, yaz başından yaz ortasına kadar bitki su potansiyelindeki düşüşe paralel olarak fidanların uyku haline girdiklerinden bahsetmektedir. Ayrıca, yaz sonunda sık sık tekrarlanan sulama çalışmalarının uyku halinin başlamasıyla birlikte ertelenebileceği belirtilmektedir.

Sulama programının çıkarılmasına ilişkin olarak yapılan bir çalışmada, 2+0 yaşındaki Douglas fidanlarına, şafak öncesi BSP değerleri nemli (-0.5 MPa), orta (-0.8 MPa) ve kuru (-1.5 MPa) olacak şekilde üç farklı sulama seviyesi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda şafak öncesi BSP değeri -0.5 MPa olan işlemde fidanlar sonbaharda durgun hale geçememiş, şafak öncesi BSP değeri -1.5 MPa olan işlemde ise, fidanlar büyüklük bakımından asgari standartlara göre oldukça küçük kalmıştır. Büyüklük ve uyku haline geçiş bakımından en uygun fidanlar, şafak öncesi BSP değeri -0.8 MPa'a düştüğünde yapılan sulamalarda elde edilmiştir (McDonald, 1984).

Benzer araştırmalar yapılncaya kadar, Eğirdir Orman Fidanlığında, haziran başı-eylül başı (uyku hali başlangıcı) döneminde şafak öncesi BSP -0.8 MPa'ın altına düştüğü zaman sulamanın başlatılması ve yukarıda izah edilen şekilde gerçekleştirilmesi kanımızca isabetli olacaktır. Nitekim Duryea (1984) da sulamanın, bitkiler kararlaştırılan boy ve çapa ulaştığında, şafak öncesi BSP değeri -0.8 ve -1.2 MPa'ı geçtiğinde yapılmasını tavsiye etmektedir. Ayrıca, ardışık büyüme ritmine sahip Anadolu karaçamında uyku haline girişle birlikte sürgün gelişimi durmakta ve zamanla kök gelişimi aktif hale geçmektedir. Haziran sonunda Anadolu karaçamı fidanlarında boy gelişimini durdurmak ve kök gelişimini arttırmak amacıyla kök kesimi yapılmıştır. McDonald (1984)'ın çalışmasında, haziran sonu veya temmuz başında yapılacak kök kesiminden sonra sulamanın azaltılması ve eylül ayında tamamıyla durdurulması gerektiği belirtilmektedir. Buna göre, Eğirdir Orman Fidanlığında üretilen Anadolu karaçamı fidanlarında haziran başı – eylül başı döneminde, kök gelişimini teşvik etmek için şafak öncesi BSP'nin -0.8 ile -1.2 MPa arasında olmasını ve ekim yastığının sadece 20 cm'lik kısmının tarla kapasitesine ulaşncaya kadar yapılacak bir sulama yeterli olacaktır.

Eylül başından itibaren de şafak öncesi BSP zamanla düşerek, 21 Ekim tarihinde (-1.21 MPa) en düşük seviyeye ulaşmıştır. Bu tarihten sonra tekrar yükselişe geçmiş ve 28 Ekim tarihinde -1.06 MPa'a, 4 Kasım tarihinde -0.70 MPa'a ve nihayet 11 Kasım tarihinde -0.57 MP'a yükselmiştir (Çizelge 2). Boy gelişimin tamamen durduğu, "uyku hali yoğunlaşması" aşamasının başladığı 2 Eylül tarihinden itibaren ise, sulama çalışmaları durdurulmalıdır. Fakat, ekstrem koşullar nedeniyle gerektiğinde (BSP -1.3 MPa'ı geçtiğinde) eylül başı ile kasım ortası dönemde de sulama çalışmaları yapılabilir. İkinci gelişme dönemindeki Anadolu karaçamı fidanları için şafak öncesi BSP değerlerine göre hazırlanmış olduğumuz sulama programı Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Anadolu karaçamı fidanları için önerilen sulama programı

Sulamanın Başlatılması İçin Tavsiye Edilen Şafak Öncesi Bitki Su Potansiyeli Değerleri (MPa)		
Nisan – Mayıs (Gelişme dönemi)	Haziran – Temmuz – Ağustos (Uyku hali başlangıcı)	Eylül – Ekim – Kasım Ortası (Uyku hali yoğunlaşması)
-0.5	-0.8	-1.3

4.2. Gün Ortası Bitki Su Potansiyeli Değişimi ve Sulama

Şafak öncesi BSP gelişme dönemi başında, gün ortası BSP ise gelişme dönemi sonlarına doğru, sulamaya karar vermede çok iyi iki parametredir. Diğer taraftan, çevre koşullarından etkilenmesi nedeniyle, gün ortası BSP'nin şafak öncesi BSP'nden daha çok değişkenlik gösterdiği de bilinen bir olgudur (Lorenzo vd., 2005).

Toprak su içeriğinin aşırı azaldığı hallerde ise hem gün ortası hem de şafak öncesi BSP azalmaktadır. Mesela, gün ortası BSP -1.2 / -1.5 MPa'a düştüğünde, oluşan su stresi muhtemelen gelişmeyi azaltmaktadır ve sulama yapıp bitki su

içeriğinin yükseltilmesi zorunludur (McDonald, 1984). Aynı şekilde, Cleary ve Zaerr (1984) tarafından 1+0 yaşındaki Douglas fidanlarında yapılan çalışmada ulaşılan bilgilere göre ideal bir gelişme için BSP'nin -0.8 MPa ve daha yüksek seviyelerde olması gerekmektedir. BSP'nin -1.0 MPa'nın altına düştüğü durumlarda bitki çap ve boy gelişimi sınırlanmakta, -1.3 MPa'dan daha düşük BSP seviyelerinde ise büyümenin devam edebilmesi için sulama zorunlu bir uygulama haline gelmektedir. Araştırmacılar, diğer türler için gerçekleştirilecek araştırmaların sonuçları alınıncaya kadar bu bilgileri bütün türler için kullanmanın önemli bir sorun oluşturmayacağını vurgulamaktadır.

Tüm bu bilgiler ışığında gün ortası BSP değerleri incelendiğinde, 14 Nisan tarihinde -1.0 MPa olan gün ortası BSP, 28 Nisan tarihinde -0.82 MPa'a yükselmiş, 13 Mayıs tarihinden itibaren düşen gün ortası BSP, 10 Haziran tarihinde -1.64 MPa'a ulaşmıştır (Çizelge 3). Aslında gün ortası BSP ölçümlerinin yapıldığı saatlerde sulama yapılmamaktadır. Ancak, aktif büyüme döneminde ideal büyümenin devamlılığı için gün ortası BSP değerinin aşırı düşmesini engellemek amacıyla uygulamacıların serin saatlerde yaptığı sulama düzeyini arttırması uygun olacaktır. Çünkü BSP'nin -1.3 MPa ve altında olması durumunda fotosentez yavaşlamaktadır. McDonald (1984), toprak yüzey sıcaklığını düşürmek amacıyla gün ortasında serinletme amaçlı sulamaların yapılabileceğinden bahsetmektedir. Dolayısıyla, bu tarihler arasında gün ortası sulama yapılması ya da sabah veya akşam saatlerinde yapılan sulamalarda sürenin uzatılması, ideal bir büyüme elde etmek için zorunluluk arz edebilir. Sadece ilkbahar sürgünü geliştiren ve bu nedenle de kısa boylu kalabilen Anadolu karaçamında, boylu ve katlı fidan üretimi için bu tip bir sulama çalışması, kanımızca isabetli olacaktır.

Yapılacak sulamalarda verilen su miktarına da dikkat edilmelidir. Sulama sonucu toprak profili sürekli suyla doymun halde tutulursa bu kez oksijen yetersizliğinden kök metabolizması yavaşlayacak ve bunun sonucunda da özümleme ve büyüme yine sekteye uğramış olacaktır. Ayrıca, bu tip topraklarda çökerten (damping-off) zararlarının oluşması da söz konusudur. Unutulmamalıdır ki, en iyi gelişim, büyüme sürecinde tarla kapasitesindeki toprak nem içeriği ile elde edilebilir (Cleary ve Greaves, 1979).

Gün ortasında yaptığımız sıcaklık ölçümleri değerlendirildiğinde, 23 Haziran tarihinden 1 Eylül tarihine kadarki dönemde, gün ortası sıcaklık değerleri 35 °C ve üstüne çıkmaktadır. Cleary ve Greaves (1979)'e göre hava sıcaklığı 32 °C'yi geçtiğinde fidanların sulanarak serinletilmesi gerekmektedir. Bu görüşten hareket ederek, Anadolu karaçamı fidanlarımız için sıcaklığın yükseldiği saatlerde serinletme amaçlı sulamalar da yapılmalı ve bu amaçla sadece damla sulama sistemi kullanılmalıdır.

4.3. Günlük Bitki Su Potansiyeli Değişimi ve Sulama

Azami ve asgari BSP değerlerin belirlenmesi yanında, günlük BSP değerlerinin belirlenmesi de rutin fidanlık uygulamaları (sulama, kök kesimi, söküm, dikim vb.) açısından büyük önem taşımaktadır. Eğirdir Orman Fidanlığında hava koşullarına bağlı olarak uygulamaya koyulan sulama programına rağmen, günlük ölçümlerde de BSP değerinin -1.3 MPa ve altına düştüğü görülmüştür. Örneğin, 22 Temmuz

tarihinde yapılan ölçümlerde BSP saat 14.00'de -1.82 MPa, 19 Ağustos tarihinde saat 16. 00'da -1.54 MPa olarak en düşük değerlerini almıştır. Oysa BSP'nin bu denli düşük seviyeleri, fidanların özümleme potansiyellerini gün boyu performansa dönüştürmelerini engelleyebilir. Anadolu karacanı fidanlarımızın sağlıklı bir şekilde gelişmesine devam edebilmesi için, yapılacak sulamalarla daha dikkatli davranılmalı, BSP değerinin -1.3 MPa'ın altına düşmesine kesinlikle izin verilmemelidir. Kış tomurcuklarının gelişmesine bağlı olarak zamanla sulama miktarı azaltılmalı, sadece kök gelişimini teşvik etmek için ekim yastığının 20 cm lik kısmına yeter derecede bir sulama yapılmalıdır. Uyku hali yoğunlaşması aşamasının başlamasına bağlı olarak da sulama tamamen kesilmelidir.

TEŞEKKÜR

Prof. Dr. Musa GENÇ ve Prof. Dr. Hasan ÖZÇELİK'in bilimsel danışmanlığında SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında hazırlanan doktora tezinden özetlenmiştir. Bu çalışma, TÜBİTAK-HD Programı (Proje No:105O035) ve SDÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi (Proje No: 936D-04) tarafından desteklenen projenin bir parçasıdır. Kurumsal katkılara teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Alptekin, C.Ü., 1986. Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe]'nin Coğrafik Varyasyonları. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Cilt 36, Seri A, Sayı 2, 132-154, Ankara.
- Anonim, 2006. Orman Varlığımız. TC. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, 160 s, Ankara.
- Aranda, I., Gil, L., Pardos, J.A., 2005. Seasonal Changes in Apparent Hydraulic Conductance and Their Implications for Water Use of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) and Sessile Oak [*Quercus petraea* (Matt.) Liebl] in South Europe. Plant Ecology 179, 155-167.
- Cleary, B.D., Greaves, R.R., 1979 (Çeviri: Eyüboğlu, A.K.). Fidan. Orm. Araşt. Enst. Dergisi, Cilt: 25, Sayı: 2, 31-67, Ankara.
- Cleary, B.D., Zaerr, J.B., 1984. Guidelines For Measuring Plant Moisture Stres With A Pressure Chamber. PMS Instrument Co., 2750 N. W. Royal Oaks Drive, Corvallis, Oregon 97330, 15 p, USA.
- Çepel, N., 1985. Toprak Fiziği, İÜ. Orman Fakültesi Yayınları, İÜ. Yayın NO: 3313, OF. Yayın No.374, 288 s, İstanbul.
- Çolak, A., 1991. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Bazı Yetiştirme Tekniklerinin Fidan Kalitesi Sınıflamasına Temel Teşkil Eden Morfolojik Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Fen bilimleri Enstitüsü, 62 s., İstanbul.
- Duryea, M. L., 1984. Nursery Cultural Practices: Impacts on Seedling Quality (Duryea M.L., Landis T. D. (eds.). Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings. Martinus Nijhoff/DrW.Junk Publishers. The Hague/Boston/Lancaster, for Forest Research Laboratory, Oregon State University. Corvallis, 386 p.
- Genç, M., 1992. Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) Fidanlarına Ait Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklerle Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler, Doktora Tezi, KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, 272 s, Trabzon.
- Gezer, A., Yücedağ, C., 2006. Orman Ağaçları Tohumları ve Tohumdan Fidan Yetiştirme Tekniği Ders Kitabı. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 56, 149 s, Isparta.
- Grossnickle, SC., Blake, TJ., 1985. Acclimation of Cold-Stored Jack Pine and White Spruce Seedlings: Effect of Soil Temperature on Water Relation Patterns. Can J For Res 15, 544-550.

ANADOLU KARAÇAMI (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) FİDANLARINDA
SULAMA PROGRAMININ HAZIRLANMASINDA BİTKİ SU POTANSİYELİ

- Güner, Ş.T., Çömez, A., Karataş, R., Genç, M., 2008. Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe]'nda Yetiştirme Sıklığının Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Fidan Özellikleri İle Dikim Başarısına Etkisi, TC. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Bakanlık Yayın No: 325, Müdürlük Yayın No: 1, Eskişehir.
- Joly, R.J., 1985. Techniques for Determining Seedling Water Status and their Effectiveness in Assessing Stres. Duryea, M.L. (ed.). Proceedings: Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests. Workshop Held October 16-18, 1984. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, 17-28.
- Joly, R.J., Zaerr, J.B., 1987. Alteration of Cell-Wall Water Content and Elasticity in Douglas-Fir During Periods of Water Deficit. *Plant Physiology*. 83, 418-422.
- Kızmaz, M., 1993. Karaçam Fidanlarının Kalite Sınıflarının Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. *Orm. Arş. Enst. Yayınları, Teknik Bülten No:238-241*, 7-36.
- Landis, T.D., 1989. Irrigation and Water Management, (Landis, T.D., Tinus, R.W., McDonald, S.E., Barnett, J.P. eds.) *The Container Tree Nursery Manual, Volume 4, Agric. Handbook*. 674. Washington, DC: US. Department of Agriculture, Forest Service, 69-118.
- Lopushinsky, W., 1990. Seedling Moisture Status. (Rose, R., Campbell, S J., Landis, T.D., eds.) *Target Seedling Symposium. Proceedings, Western Forest Nursey Association; 1990 August 13-17; Roseburg. OR. General Technical Report RM-200*, 123-138.
- Lorenzo, R. D., Barbagallo, M.G., Costanza, P., Gugliotta, E., Lino, T., Pisciotta, A., Santangelo, T., 2005. Predawn, Stem and Leaf Water Potential Evolution in *Vitis vinifera* L. cv Nero d'Avola/1103 P. Under Different Water Regime. XIV International GESCO Viticulture Congress, Geisenheim, Germany, 23-27 August 2005, 493-498.
- May, J.T., 1984. Soil Moisture (Chapter 11), In: Lantz, C. W., *Southern Pine Nursery Handbook*, United States Department of Agriculture, Forest Service Southern Region, Georgia, 11-18.
- McDonald S.E., 1984. Irrigation in Forest-Tree Nurseries: Monitoring and Effects on Seedling Growth. In: Duryea M.L. and Landis T.D. (eds), *Forest Nursery Manual*, Martinus Nijhoff /DrW. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, 107-121.
- Ortuño, M.F., García-Orellana, Y., Conejero W., Ruiz-Sánchez, C.M., Alarcon, J.J., Torrecillas A., 2006. Stem and Leaf Potentials, Gas exchange, Sap Flow, and Trunk Diameter Fluctuations for Detecting Water Stres in Lemon Trees. *Trees-Structure and Function* 20, 1-8.
- Özdemir, Ö.L., 1971. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'ın Fidanlıklarda yetiştirilme Tekniği Üzerine Bazı Denemeler. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 49*, Ankara.
- Ritchie, G.A. 1984. Assessing Seedling Quality. pp. 243-259. In Duryea, M. L. and T.D. Landis (eds.). *Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings*. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk. Publishers. Hague/Boston/Lancaster, 386p.
- Scholander, P.F., Hammel, H.T., Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E.A., 1965. Sap Pressure in Vascular Plants, *Science*, 148, 339-346.
- Serrano, L., Peñuelas, J., Ogaya, R., Savé, R., 2005. Tissue-Water Relations of Two Co-occurring Evergreen Mediterranean Species in Response to Seasonal and Experimental Drought Conditions. *J. Plant Res* 118, 263-269.
- Yahyaoglu, Z., 1987. Orman Ağacı Fidanlarının Kalite Özellikleri. *Scholander Tekniği Yardımı İle Su Potansiyelinin Ölçülmesi ve Önemi*, K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 10, 1-2, 140-151, Trabzon.